

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка устройства для преобразования звуковых сигналов
УДК 004.4'277:78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Быков Александр Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов

P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Элективная группа «Инжиниринг в электронике»	
P13	Проектировать, конструировать, проводить необходимые инженерные расчеты и испытания для обеспечения качественной и надежной работы высокотехнологичных электронных и механотронных приборов, систем и устройств и средств их испытаний.
P14	Проводить сопровождение технологического процесса изготовления изделий микроэлектроники.
P15	Проектировать, конструировать, проводить моделирование, верификацию и уточнение разработанных микро и наноразмерных электромеханических систем и цифровых схем для их управления включая разработку физического прототипа.
Элективная группа «Промышленная электроника»	
P16	Осуществлять профессиональную деятельность в области разработки, проектирования и эксплуатации преобразователей электрической энергии высокоэффективной электронной техники.
P17	Разрабатывать, проектировать, использовать в профессиональной деятельности устройства, приборы и системы аналоговой и цифровой электронной техники различного назначения.
P18	Проектировать, проводить технологическое сопровождение создания и осуществлять эксплуатацию электронных средств и электронных систем для обеспечения долговечного бесперебойного функционирования бортовых комплексов управления (БКУ).

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Иванова В.С. ____
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Быков Александр Витальевич

Тема работы:

Разработка устройства для преобразования звуковых сигналов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2020 №43-64/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2020
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект проектирования – звуковой преобразователь для создания музыкальных эффектов для электрогитары. Цель проектирования – разработка устройства для преобразования звуковых сигналов с датчика электрогитары Ожидаемые результаты: комбинированный (ламповый, полупроводниковый) преобразователь звуковых сигналов, наличие звуковых эффектов («дисторшн», «дилей», «овердрайв»), питание от бытовой сети 220В
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Теоретический обзор предметной области; Обзор существующих устройств для звуковых преобразований; Разработка структурной схемы; Разработка схемы электрической принципиальной; Трассировка печатных плат для устройства; Сборка устройства.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы электрические принципиальные; Перечни элементов; Чертежи печатных плат.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Спицына Любовь Юрьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев Милий Всеволодович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>-</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>13.02.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		13.02.2020
Ассистент ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич	-		13.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Быков Александр Витальевич		13.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Быкову Александру Витальевичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Приблизительный бюджет проекта 320 тысяч рублей; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель проекта, инженер (студент).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с нормами и нормативными расходования материалов: ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов», ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность».
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	УСН, страховые взносы – 30% от ФОТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Потенциальные потребители результатов НИ; - Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Расчет уравнений эффективности НИ; - Расчет уравнений сравнительной эффективности НИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.э.н., доцент		25.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Быков Александр Витальевич		25.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Быкову Александру Витальевичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Тема ВКР:

Разработка устройства для преобразования звуковых сигналов.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования.	<i>Объектом исследования является прототип устройства для преобразования звуковых сигналов. Рабочая зона - 4 корпус, 35 аудитория (ЦУП).</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<i>Рассмотрение специальных правовых норм трудового законодательства; организационных мероприятий при компоновке рабочей зоны.</i>
2. Производственная безопасность	<i>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов при разработке технической документации и изготовлении устройства в 35 аудитории 4 корпуса:</i> <ul style="list-style-type: none"> – неудовлетворительное освещение рабочей зоны; – повышенная температура поверхности изделия, оборудования, инструмента и расплавов припоев; – повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны; – неудовлетворительный микроклимат; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – поражение электрическим током; – выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда.
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по

	<p><i>предупреждению ЧС;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий;</i> – <i>пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</i>
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	3.04.2020
---	------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович	Старший преподаватель		3.04.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Быков Александр Витальевич		3.04.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Уровень образования **бакалавриат**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2020
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15 февраля	Обзор научной литературы по теме	3
25 февраля	Обзор существующих устройств	3
10 марта	Разработка структурной схемы устройства	5
30 марта	Проектирование принципиальной схемы устройства	10
20 апреля	Проектирование печатной платы устройства в программе EasyEDA	5
15 мая	Изготовление печатных плат устройства	5
30 мая	Сборка печатного узла звукового преобразователя	5
11 июня	Составление доклада и оформление расчетно-пояснительной записки	2
18 июня	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на защите	2

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		13.02.2020

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич	-		13.02.2020

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		13.02.2020

Реферат

Выпускная квалификационная работа 102 с., 21 рис., 20 табл., 33 источника, 7 прил.

Ключевые слова: звук, электрогитара, музыкальная аппаратура, звуковое преобразование, дисторшн, дилей, овердрайв, печатная плата.

Объектом исследования являются звуковые преобразования сигнала с датчика электрогитары.

Цель работы: разработка устройства для звуковых преобразований.

В процессе исследования проводилась разработка принципиальных схем звуковых преобразователей, трассировка и изготовление печатной платы устройства для звуковых преобразований.

В результате исследования были получены принципиальная схема, чертежи печатных плат, прототип звукового преобразователя для электрогитары.

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: устройство выполняет три вида звуковых преобразований, характеристики преобразований регулируются непосредственно в процессе эксплуатации.

Степень внедрения: собран рабочий прототип устройства, проводятся испытания.

Область применения: музыкальная аппаратура для записи музыкальных композиций и концертной деятельности.

Экономическая эффективность: устройство позволяет выполнять большое количество звуковых преобразований, при этом имеет более низкую стоимость, чем аналогичные устройства, имеющиеся в продаже.

В будущем планируется произвести разработку корпуса для данного устройства, минимизировать размеры за счет использования SMD-компонентов и двусторонних печатных плат.

Определения, обозначения и сокращения

Дилей – звуковой эффект или соответствующее устройство, имитирующее чёткие затухающие повторы исходного сигнала.

Дисторшн – звуковой эффект, достигаемый искажением сигнала путём его «жёсткого» ограничения по амплитуде, или устройство, обеспечивающее такой эффект.

Звукосниматель – устройство, преобразующее энергию колебания струн в электрический ток.

Консонанс – благозвучное сочетание звуков.

Овердрайв - звуковой эффект, достигаемый искажением сигнала путём его «мягкого» ограничения по амплитуде, или соответствующее устройство.

Сингл – тип звукоснимателя с одним магнитом и катушкой.

Хамбакер – тип звукоснимателя с двумя магнитами и катушками.

ОПП – односторонняя печатная плата.

ОУ – операционный усилитель.

ОЭЭО – отходы электронного и электротехнического оборудования.

ПП – печатная плата.

ШИМ – широтно-импульсная модуляция.

Оглавление

Введение	17
1 Общие сведения о преобразовании звуковых сигналов электрогитары	19
1.1 Конструкция и принцип работы звукоусилителей	19
1.2 Основные эффекты, применяемые в обработке гитарного звучания	20
1.3 Отличия ламповых и транзисторных музыкальных устройств	22
2 Обзор существующих устройств и схем для реализации звуковых эффектов	24
2.1 Варианты исполнения эффекта «Дисторшн»	25
2.1.1 Схема «Электра Дисторшн (Electra Distortion)»	25
2.1.2 Схема «Дисторшн 250»	26
2.2 Варианты исполнения эффекта «Дилей»	27
2.2.1 Схема «Босс ДМ-2»	27
2.3 Варианты исполнения эффекта «Овердрайв»	28
2.3.1 Схема «Драйв педаль (Drive Pedal)»	28
2.3.2 Схема «Альтимэйт Овердрайв (The Ultimate Overdrive)»	29
3 Разработка звукового преобразователя для электрогитары	31
3.1 Структурная схема устройства	31
3.2 Блок питания	33
3.3 Блок «Дисторшн»	34
3.4 Блок «Дилей»	36
3.5 Блок «Овердрайв»	38
3.6 Блок «Питание для лампы»	39
3.6.1 Понижающий преобразователь напряжения	39
3.6.2 Повышающий преобразователь напряжения	40
4 Конструирование и сборка печатного узла звукового преобразователя	42
4.1 Расчет параметров печатной платы и ее трассировка	42
4.1.1 Выбор типа конструкции печатного узла и печатной платы	42
4.1.2 Выбор материала и метода изготовления ПП	43
4.1.3 Расчёт элементов проводящего рисунка ПП	43
4.1.4 Трассировка ПП	47
4.2 Изготовление печатных плат с помощью фоторезиста	49

4.3 Тестирование и наладка устройства	51
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	53
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований	53
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	54
5.1.3 Технология QuaD	56
5.1.4 SWOT – анализ	58
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	62
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	62
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	64
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	65
5.3 Бюджет научно-технического исследования	66
5.3.1 Расчет материальных затрат исследования	66
5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	68
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	70
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
5.3.6 Накладные расходы	71
5.3.7. Формирование бюджета затрат.....	72
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	72
6 Социальная ответственность	76
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	77
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	77
6.2 Производственная безопасность.....	79
6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования при сборке, исследовании и эксплуатации.....	80
6.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	81

6.3 Экологическая безопасность.....	87
6.3.1 Анализ влияния процесса сборки на окружающую среду	87
6.3.2 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	88
6.3.3 Анализ влияния процесса разработки на окружающую среду	89
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	89
Заключение	93
Список использованных источников	94
Приложение А Графики АЧХ.....	97
Приложение Б Планирование научно-исследовательских работ	101
ФЮРА.331429.001ПЭЗ Перечень элементов звукового преобразователя.....	На отдельных листах
ФЮРА.331429.001ЭЗ Схема электрическая принципиальная «Блок Дисторшн».....	...На отдельных листах
ФЮРА.331429.002ЭЗ Схема электрическая принципиальная «Блок Дилей».....	...На отдельных листах
ФЮРА.331429.003ЭЗ Схема электрическая принципиальная «Блок Овердрайв».....	...На отдельных листах
ФЮРА.331429.001 Печатные платы звукового преобразователя.....	На отдельных листах

Введение

В современном мире при создании музыкальных композиций используется большое количество различной электронной музыкальной аппаратуры. По мере прогресса в электронике музыкальная аппаратура совершенствуется, проходит различные стадии развития от ламповых и полупроводниковых аналоговых до цифровых устройств.

Не смотря на развитие цифровых технологий, в музыкальной аппаратуре доминирующую позицию занимают аналоговые устройства, самыми востребованными из которых являются устройства на электронных лампах, так как они формируют уникальное звучание. Среди разработчиков музыкальной аппаратуры существуют разногласия в том, чему отдать предпочтение – дорогостоящим и хрупким лампам или дешевым и надежным полупроводникам и цифровой аппаратуре.

Актуальной проблемой в области музыкальной аппаратуры является сравнение звука, получаемого при помощи ламп и при помощи полупроводников. Возможное решение этой проблемы - объединение в одном устройстве, а именно в звуковом преобразователе, ламповых и полупроводниковых схем.

Целью ВКР является разработка устройства для преобразования звуковых сигналов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Изучить существующие устройства и схемы;
- Разработать структурную схему устройства;
- Разработать принципиальные схемы для каждого звукового эффекта;
- Спроектировать печатные узлы для каждого звукового эффекта;
- Изготовить платы и собрать прототип устройства;

- Протестировать звучание всех звуковых эффектов.

Объект исследования – звуковые преобразования, получаемые с применением электронных компонентов разных поколений.

Предметом исследования является сравнение звуковых преобразований, полученных с помощью цифровых и аналоговых схем, а также сравнение преобразований, полученных с помощью ламповых и полупроводниковых схем.

1 Общие сведения о преобразовании звуковых сигналов электрогитары

Для создания звуковых преобразователей для электрогитары необходимо изучить то, каким образом формируется входной сигнал, поступающий со звукоснимателей, имеет ли он существенные различия в зависимости от типа звукоснимателя. Также необходимо изучить основные эффекты, которые используются при обработке звукового сигнала электрогитары, и выявить различия между спектром сигнала, формируемым ламповыми или полупроводниковыми схемами эффектов.

1.1 Конструкция и принцип работы звукоснимателей

Звукосниматели преобразуют энергию колебания струн в электрический ток. Действие звукоснимателя основывается на законе электромагнитной индукции: металлическая струна колеблется в магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом или магнитами, расположенными внутри датчика. Вокруг этих магнитов намотана катушка из проволоки, в которой возникает электрический ток. Чем больше колебания струны, тем сильнее изменяется магнитное поле, тем больше амплитуда сигнала на выходе звукоснимателя.

Пассивные датчики, используемые в большинстве электрогитар, делятся на два основных типа: «Сингл» и «Хамбакер».

«Синглы» – звукосниматели с одной катушкой (single – одиночный). Для них характерен яркий, чистый звук.

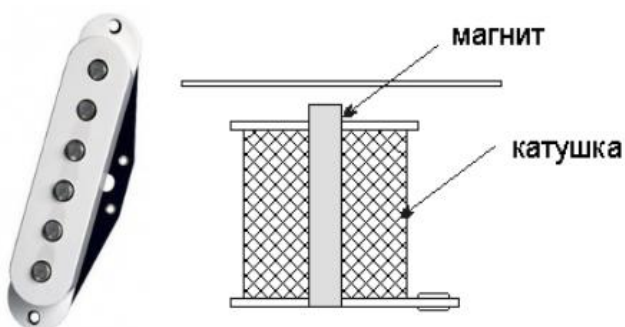


Рисунок 1.1 – Звукосниматель типа «Сингл»

«Хамбакеры» – имеют две катушки, которые включены в противофазе. Из-за такой конструкции полезный сигнал усиливается, а фон подавляется (hambacking - шумоподавление) [1].

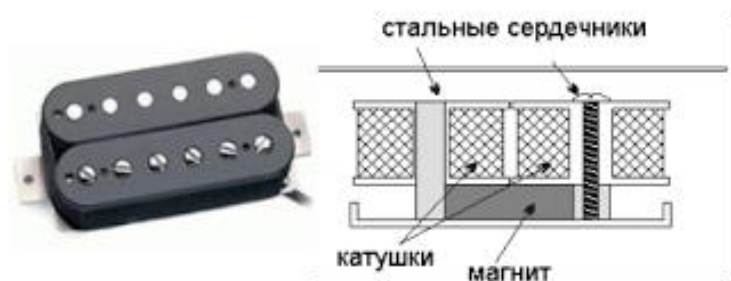


Рисунок 1.2 – Звукосниматель типа «Хамбакер»

1.2 Основные эффекты, применяемые в обработке гитарного звучания

Для обработки звучания электрогитары применяется множество музыкальных эффектов. Рассмотрим самые распространенные из них.

Эквалайзер – эффект, преобразующий частотные характеристики сигнала. Он позволяет изменять уровень сигнала на отдельных участках частотной характеристики, а именно в определенном диапазоне (полосе) частот. Число полос может быть разным. Основные параметры: общий уровень, уровень для конкретной полосы частот.

«Октавер» и «гармонайзер» – эффекты, преобразующие частоту сигнала. «Октавер» добавляет к сигналу его копии выше или ниже на одну или несколько октав, «гармонайзер» - добавляет минимум две копии к сигналу, смещенные на определенный интервал от входящего тона.

К эффектам, преобразующим спектр сигнала, относятся «овердрайв» и «дисторшн».

«Овердрайв» – эффект, характеризуемый мягко ограниченным по амплитуде сигналом. Выходной сигнал искажается пропорционально входному сигналу (искажения сигнала будут зависеть от силы удара по струнам – таким

образом, данный эффект сохраняет динамику игры). Основные параметры: тон, уровень, громкость.

«Дисторшн» – эффект, для которого характерно сильное ограничение входного сигнала по амплитуде. Сигнал искажается независимо от уровня входного сигнала. Основные параметры: тон, уровень, громкость.

На Рисунке 1.3 представлены различные степени искажения сигнала, мягкое искажение характерно для «овердрайва», сильное – для «дисторшна».

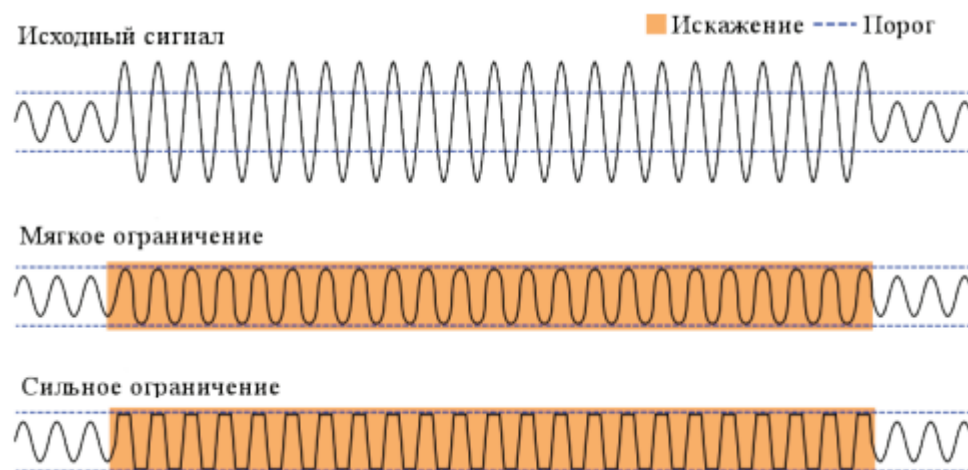


Рисунок 1.3 – Степени искажения сигнала в эффектах, преобразующих спектр

Одним из эффектов, в основе которых лежит задержка сигнала является «флэнжер». При его использовании копия входящего сигнала поступает на линию задержки, причем время задержки постоянно изменяется. Таким образом, получается эффект движущегося гребенчатого фильтра – пики и провалы суммируются в результирующий спектр. Из-за изменения времени задержки происходит движение вверх-вниз по частотному спектру. Часть выходного сигнала смешивается со входным, что приводит к усилению пиков и провалов в спектре.

Отдельным типом эффектов являются эффекты, преобразующие временную характеристику сигнала.

Наиболее распространенный пример таких эффектов – «дилей». Он добавляет к входному сигналу его копии, имеющие задержку по времени.

Основные параметры: обратная связь, время задержки, громкость повторений, частота повторений [2].

1.3 Отличия ламповых и транзисторных музыкальных устройств

Устройства, использующие в качестве активных элементов лампы, имеют существенные отличия от устройств, использующих транзисторы или операционные усилители.

Первое отличие заключается в том, что электронные лампы имеют более крупные габаритные размеры, чем операционные усилители и транзисторы. Это обусловлено конструкцией ламп, в которой обязательно должна присутствовать стеклянная колба с вакуумом внутри, в которую помещены анод, катод и сетка, причем между анодом и катодом лампы обязательно должно быть расстояние.

Второе отличие ламп от транзисторов – напряжение питания. Для питания ОУ в музыкальной аппаратуре используют однополярное напряжение питания в диапазоне от 9 до 12В. Для корректной работы ламп необходимо обеспечить два различных напряжения – анодное напряжение и напряжение нити накала. Обеспечение питания для лампы также увеличивает габариты устройства, усложняет процесс разработки, сборки и наладки.

Из-за необходимости нагрева нити накала лампы рассеивают в окружающую среду большее количество тепла, чем полупроводниковые компоненты.

В целом, по техническим характеристикам полупроводниковые компоненты являются более подходящими для использования в музыкально аппаратуре – они обладают большей, по сравнению с лампами, надежностью, меньшим энергопотреблением, меньшими размерами.

Но у ламповой аппаратуры есть одно достоинство – обогащение звука четными гармониками. Любой периодический сигнал сложной формы можно разложить в ряд Фурье в виде суммы синусоидальных колебаний, которые называют гармониками. Амплитуда этих колебаний будет спадать при

увеличении порядка гармоник, гармониками выше седьмой можно пренебречь, их амплитуда мала и в звуковом сигнале не различима.

При усилении сигнала в ламповых каскадах в него привносятся как четные, так и нечетные гармоники, но не более пятого порядка. Четные гармоники создают консонанс с основной нотой, нечетные – диссонанс, привносят в звук неприятный слуху скрежет. Особенно заметно влияние нечетных гармоник при извлечении сразу нескольких нот, тогда нечетные гармоники каждой ноты создают диссонансное звучание. Особенностью ламповых каскадов является выраженность именно консонансных четных гармоник, которые придает звуку приятную для слуха окраску.

В Разделе 1 были рассмотрены типы звукозаписывающих устройств «Сингл» и «Хамбакер». Основными их различиями являются конструкция, окраска звука и амплитуда выходного сигнала. Затем были рассмотрены основные эффекты, используемые в обработке звука. Их обзор позволяет выбрать звуковые эффекты, которые в дальнейшем будут реализованы в ВКР.

Далее было проведено сравнение ламповых и транзисторных музыкальных устройств, в ходе которого были выявлено основное различие в спектральной составляющей их выходного сигнала, которое заключается в наличии у ламповых устройств четных гармоник, привносящих консонансное звучание.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проводится исследование того, насколько проектирование и создание звукового преобразователя для электрогитары отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для этого необходимо провести ряд исследований, таких как:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [16].

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Темой научно-исследовательской работы является разработка и производство прототипа звукового преобразователя для электрогитары. В ходе работы данное устройство проходит этапы проектирования, сборки и проверки. Результатом научно-исследовательской работы является прототип устройства, а также документация для последующего производства устройства.

Рынок музыкальной аппаратуры в РФ заполнен либо весьма дорогостоящими приборами от иностранных производителей (Америка, Япония), либо некачественными подделками на эти фирмы, произведенными в Китае. Компаний непосредственно в РФ, производящих оригинальный продукт

для рынка музыкальной аппаратуры, сравнительно мало. Примером такого предприятия в РФ может являться ООО «AMT Electronics».

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка звуковых преобразователей

	Вид звукового эффекта		
	«Дилей»	«Дисторшн»	«Овердрайв»
Рок-музыканты	Фирма «BOSS»	Фирма «Marshall»	Фирма «Ibanez»
Поп-музыканты	Фирма «BOSS»		
Блюзмены	Фирма «BOSS»		Фирма «Ibanez»
Джазмены	Фирма «BOSS»		Фирма «Ibanez»

В результате сегментирования были определены основные сегменты рынка музыкальных преобразователей. Сегментирование производилось по следующим показателям: виды звуковых эффектов и жанры творчества музыкантов-потребителей.

Так как разрабатываемый звуковой преобразователь может генерировать все три вида звуковых эффектов, представленных в таблице, то можно сказать, что продукт ориентирован на сегмент рок-музыкантов.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, для ее составления необходимо отобрать несколько конкурентных разработок.

В качестве устройств, конкурирующих на музыкальном рынке с разрабатываемым звуковым преобразователем, были отобраны:

- Ibanez TS808 TubeScreamer – эффект «овердрайв» ($B_{к1}$ и $K_{к1}$);

- BOSS DS-1 – эффект «дисторшн» ($B_{к2}$ и $K_{к2}$);
- Deep Blue Delay – эффект «дилей» ($B_{к3}$ и $K_{к3}$).

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в Таблице 4.1, были подобраны исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная [16].

Собственная разработка обозначена буквами B_p и K_p .

Таблица 5.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		B_p	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$B_{к3}$	K_p	$K_{к1}$	$K_{к2}$	$K_{к3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	3	4	3	2	0,3	0,4	0,3	0,2
Энергоэкономичность	0,05	4	4	5	4	0,2	0,2	0,2 5	0,2
Надежность	0,1	3	3	4	2	0,3	0,3	0,4	0,3
Безопасность	0,05	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	3	3	2	0,5	0,3	0,3	0,2
Простота эксплуатации	0,5	4	4	4	4	0,2	0,2	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности									

Конкурентоспособность продукта	0,1	3	3	3	3	0,3	0,3	0,3	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	4	4	0,1	0,4	0,4	0,4
Цена	0,25	5	2	2	2	1,2 5	0,5	0,5	0,5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	4	4	4	0,1 5	0,2	0,2	0,2
Послепродажное обслуживание	0,05	3	4	4	4	0,1 5	0,2	0,2	0,2
Итого	1	38	39	40	35	3,6 5	3,2	3,2 5	2,9

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя [16].

После проведения данного анализа можно сделать вывод, что данная разработка является конкурентоспособной даже по сравнению с самыми популярными устройствами на рынке музыкальной аппаратуры. Основными конкурентными преимуществами данной разработки являются более низкая по сравнению с конкурентами цена и большее разнообразие предоставляемых пользователю возможностей.

Критериями, которые существенно снижают конкурентоспособность разрабатываемого звукового преобразователя, являются низкий уровень проникновения на рынок и низкая способность конкурировать с наиболее популярными производителями, которые за долгое время успели заслужить «кредит доверия» потребителей.

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) описывает качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяет принимать решение

целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В Таблице 5.3 представлена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. В качестве устройств, конкурирующих на музыкальном рынке с разрабатываемым звуковым преобразователем, выбраны устройства из пункта 5.1.2.

Таблица 5.3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,02	65	100	0,65	1,3
2. Помехоустойчивость	0,05	85	100	0,45	4,25
3. Надежность	0,05	85	100	0,45	4,25
4. Унифицированность	0,08	70	100	0,7	5,6
5. Уровень материалоемкости разработки	0,01	50	100	0,5	0,5
6. Уровень шума	0,02	50	100	0,5	1
7. Безопасность	0,05	60	100	0,6	3
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	70	100	0,7	0,7
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	90	100	0,9	9
10. Простота эксплуатации	0,07	65	100	0,65	4,55
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	30	100	0,3	1,2
12. Ремонтопригодность	0,02	85	100	0,85	1,7
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					

13. Конкурентоспособность продукта	0,1	75	100	0,75	7,5
14. Уровень проникновения на рынок	0,05	30	100	0,3	1,5
15. Перспективность рынка	0,03	55	100	0,55	1,65
16. Цена	0,12	85	100	0,85	10,2
17. Послепродажное обслуживание	0,05	30	100	0,3	1,5
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	65	100	0,65	1,95
19. Срок выхода на рынок	0,05	30	100	0,3	1,5
20. Наличие сертификации разработки	0,05	20	100	0,2	1
Итого	1				63,85

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки равно 63,85. Следовательно, перспективность разработки выше среднего.

5.1.4 SWOT – анализ

В данном разделе проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта, а именно SWOT – анализ (Strengths - сильные стороны, Weaknesses - слабые стороны, Opportunities - возможности и Threats - угрозы). Он служит для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT – анализ был проведен в несколько этапов.

В первом этапе SWOT – анализа были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в Таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Большое количество звуковых эффектов</p> <p>С2.Обширная система настройки звуковых эффектов</p> <p>С3. Универсальная система питания прибора</p> <p>С4. Низкая стоимость</p> <p>С5.Высокая надежность</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Большое количество органов настройки</p> <p>Сл2. Зависимость от иностранных производителя элементной базы</p> <p>Сл3. Низкий коэффициент усиления</p> <p>Сл4.Сложность организации процесса массового производства</p> <p>Сл5.Отсутствие линейного выхода</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Разработка новых звуковых эффектов в концепции данного звукового преобразователя</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт (из-за универсальности устройства и большого количества функций)</p> <p>В3. Привлечение специалистов из ТПУ для работы над проектом</p> <p>В4. Замена иностранной компонентной базы на отечественную</p> <p>В5. Уменьшение габаритов устройства за счет использования SMD-компонентов</p>	<p>Улучшение характеристик устройства позволит выйти на рынок музыкальной аппаратуры в РФ, вытеснить с рынка товары низкой стоимости из Китая и конкурировать с импортными продуктами</p>	<p>Использование отечественной компонентной позволит еще больше снизить стоимость устройства, а уменьшение габаритов устройства за счет использования SMD-компонентов устройства позволит устранить технические недочеты и перейти к массовому автоматизированному производству</p>

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на устройство У2. Повышение стоимости компонентной базы У3. Несвоевременное финансирование проекта У4. Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции	Сильные стороны проекта либо позволяют противостоять большинству внешних угроз, либо не зависят от них	Наиболее опасная угроза – повышение стоимости компонентной базы влечет за собой невозможность решить технические проблемы и задерживает запуск массового производства, однако данной ситуации можно избежать, перейдя на отечественные компоненты, стоимость которых не зависит от курса валют и политической ситуации
---	--	--

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в Таблицах 5.5 - 5.7.

Таблица 5.5 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности	B1	+	+	+	-	0
	B2	+	+	+	0	+
	B3	+	+	-	0	+
	B4	0	+	0	+	+
	B5	+	+	0	-	+

При анализе интерактивной матрицы, представленной в Таблице 5.5 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1C2C3, B2C1C2C3C4C5, B3C1C2C5, B4C2C4C5, B5C1C2C5. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты

анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» представлен в Таблице 5.4.

Таблица 5.6 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон

		Сильные стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	B1	+	0	-	+	-
	B2	+	0	0	0	+
	B3	-	-	-	-	-
	B4	0	+	+	+	+
	B5	0	+	+	+	+

При анализе интерактивной матрицы, представленной в Таблице 5.6 можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: B1Сл1Сл4, B2Сл1Сл5, B4B5Сл2Сл3Сл4Сл5. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» представлен в Таблице 5.4.

Таблица 5.7 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

		Сильные стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы	У1	+	+	+	+	+
	У2	0	0	0	+	0
	У3	0	0	0	0	0
	У4	0	0	+	+	0

При анализе интерактивной матрицы, представленной в Таблице 5.7 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У1С1С2С3С4С5, У2С4, У4С3С4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» представлен в Таблице 5.4.

Таблица 5.8 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

		Слабые стороны				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы	У1	-	+	-	+	-
	У2	+	+	0	+	0
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	+	-	+	-

При анализе интерактивной матрицы, представленной в Таблице 5.8 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: У1Сл2Сл4, У2Сл1Сл2Сл4, У3Сл4, У4Сл2Сл4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта. Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» представлен в Таблице 5.4.

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа представленная в Таблице 5.4.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При планировании научно-исследовательской работы выполнены следующие задачи:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В рабочую группу для выполнения научных исследований входят в данном случае научный руководитель и студент.

Примерный порядок составления этапов, работ и распределение обязанностей между участниками рабочей группы представлены в Таблице 5.9.

Таблица 5.9 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследований	3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	4	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	Студент
	7	Моделирование схемы, исправление недочетов	Студент
	8	Сборка образца на макетной плате	Студент
Сборка прототипа	9	Изготовление печатных плат	Студент
	10	Монтаж компонентов	Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки к работе	Студент

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ожі}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн. ;

$t_{\min i}$ —минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ —максимально возможная трудоемкость выполнения задан- ной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

В данном случае трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют студент и научный руководитель. Исходя из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ —ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.дн.;

$ч_i$ —численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

Полученные результаты представлены в Таблице Б.1 (Приложение Б).

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения исследований представлен в виде ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} k_{\text{каль}} \quad (5.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{каль}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по формуле:

$$k_{\text{каль}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни;

$T_{\text{вых}}$ – выходные дни;

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2020 год, количество календарных дней составляет 366 дней, количество рабочих дней составляет 248 дней, количество выходных и праздничных – 118 дней.

$$k_{\text{каль}} = \frac{366}{366 - 118} = 1.475$$

Все полученные значения приведены в Таблице Б.1 (Приложение Б).

По результатам Таблицы Б.1 построен календарный план-график, представленный в Таблице Б.2 (Приложение Б).

График построен для максимального по длительности исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

5.3 Бюджет научно-технического исследования

В подразделе сформирован бюджет НТИ. Затраты сгруппированы по следующим статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (5.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимается в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Значения цен на материальные ресурсы были установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками). Материальные затраты представлены в Таблице 5.8.

Таблица 5.10 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы (2)	
		Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Стеклотекстолит фольгированный	шт	1	1	850	650	1020	780
Потенциометры	шт	10	10	75	50	900	600
Резисторы	шт	71	71	3	2	255,6	170,4
Конденсаторы	шт	65	65	7	6	546	468
Микросхемы интегральные	шт	4	4	12	10	57,6	58
Лампа электровакуумная	шт.	1	1	120	120	144	144
Кнопки и переключатели	шт.	7	7	80	80	672	672
Блок питания	шт.	1	1	1200	550	1440	660
Диоды	шт.	20	20	12	10	288	240
Светодиоды	шт.	3	3	4	4	14,4	14,4
Разъем питания	шт.	1	1	15	12	18	14,4
Разъем TS-моно	шт.	2	2	56	50	134,4	120
Индуктивности	шт.	3	3	76	52	273,6	187,2
Итого						5763,6	4128,4

5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В ходе работы было использовано оборудование, находящееся в Томском политехническом университете. Следовательно, в данной научно-исследовательской работе затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. Величина расходов по заработной плате определена исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включена премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}, \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (ассистента) рассчитывается по следующей формуле 5.8:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (5.8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

5.9:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 5.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные, праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезням	56 0	28 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	192	220

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}}, \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Расчёт основной заработной платы произведен по формулам, приведенным выше, и представлен в Таблице 5.12.

Таблица 5.12 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	32000	0,3	0,	1,	74880	3900	11	42900

ь			5	3				
Студент	12130	0,3	0, 5	1, 3	28384, 2	1290	108	13932 0
Итого, руб								18222 0

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (5.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Дополнительная заработная плата для руководителя, студента (инженера) и их сумма:

$$Z_{\text{доп рук}} = 0,15 \cdot 42900 = 6435 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп студ}} = 0,15 \cdot 139320 = 20898 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 4243 + 26474 = 27333 \text{ руб.}$$

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды, согласно законодательству РФ являются обязательными, а именно отчисления

органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка коэффициента отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 27,1%.

Таблица 5.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная зар.плата, руб.	Дополнительная зар.плата, руб
Руководитель проекта	42900	6435
Студент (инженер)	139320	20898
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	182220	27333

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовый и телеграфный расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов была взята в размере 16%.

$$З_{\text{накл исп.1}} = (5763,6 + 182220 + 27333 + 56579,31) \cdot 0,16 = 43503,35 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{накл исп.2}} = (4128,4 + 182220 + 27333 + 56579,31) \cdot 0,16 = 43241,35 \text{ руб.}$$

5.3.7. Формирование бюджета затрат

Таблица 5.14 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	5763,6	4128,4	Пункт 5.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-	Пункт 5.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182 220	182 220	Пункт 5.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27 333	27 333	Пункт 5.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	56 579,31	56 579,31	Пункт 5.3.5
6. Накладные расходы	43 503,35	43241,35	Пункт 5.3.6
7. Бюджет затрат НТИ	315 399,26	313 801,7	Сумма ст. 1-6

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Два варианта отличаются статьей на материальные затраты НТИ и на накладные расходы.

Наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель определен для двух исполнений. Исполнение 1 и Исполнение 2 различаются статьями материальных затрат, а, следовательно и накладных расходов. В Исполнении 1 выбраны более дорогие комплектующие, в связи с этим изменяются и параметры устройства.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} , \quad (5.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Максимальная стоимость составляет 315 399,26 рублей для исполнения 1, следовательно:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{315399,26}{315399,26} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{313801,7}{315399,26} = 0,994$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (5.15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в Таблице 5.15.

Таблица 5.15 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Чувствительность	0,1	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4
4. Кол-во звуковых эффектов	0,3	5	5
5. Надежность	0,25	5	3
ИТОГО	1	24	20

Таким образом, интегральный показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,25 = 4,85,$$

$$I_{p-исп.2} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,25 = 4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{исп1}^{фин}} = \frac{4,85}{1} = 4,85 \quad (5.16)$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{исп2}^{фин}} = \frac{4,05}{0,994} = 4,07 \quad (5.17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Θ_{cp}):

$$\Theta_{cp1} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} = \frac{4,85}{4,07} = 1,19 \quad (5.18)$$

$$\Theta_{cp1} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} = \frac{4,07}{4,85} = 0,83 \quad (5.19)$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Сравнительная эффективность разработки представлена в Таблице 5.16.

Таблица 5.16 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки $I_{финр}^{исп.i}$	1	0,994
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки (I_{pi})	4,85	4,05
3	Интегральный показатель эффективности ($I_{исп}$)	4,85	4,07
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения (Θ_{cp})	1,19	0,83

Проведя сравнение значений интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что первый вариант исполнения хоть и влечет за собой больше затрат по статьям на материальные затраты и на накладные расходы, но более эффективно позволяет решить поставленную в бакалаврской работе техническую задачу с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку и изготовление устройства, служащего для преобразования звуковых сигналов, а именно для обработки сигнала, снимаемого с датчика электрогитары. Предназначение данного устройства – преобразование и усиление звука для воспроизведения музыкальных композиций различных жанров.

Особенностью данного звукового преобразователя является то, что в его конструкции содержатся электронные лампы 6Н2П – электровакуумные приборы, номинальное анодное напряжение которых составляет 250 В. Большинство отраслей электроники с течением времени и развитием прогресса перешло на использование более безопасных полупроводниковых активных элементов, однако, в музыкальной аппаратуре оправдано использование электронных ламп.

Следовательно, при разработке и изготовлении данного устройства необходимо уделить особое внимание электробезопасности в месте выполнения работ, а именно, в аудитории 35, корпус 4.

В данном разделе рассматриваются вопросы техники безопасности, охраны окружающей среды и пожарной профилактики. Также в нем представлен комплекс мер организационного, правового, технического и режимного характера, которые минимизируют негативные последствия разработки и изготовления устройства [17].

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассмотрены специальные, то есть характерные для рабочей зоны, а именно для 35 аудитории 4 корпуса, правовые нормы трудового законодательства. Также в подразделе указаны особенности трудового законодательства применительно к конкретным условиям проекта.

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ работник аудитории 35, 4 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [18].

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Место выполнения работ, а именно аудитория 35, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя».

Рабочее место должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 905 мм, что обусловлено тонкостью выполняемой работы (монтаж мелких деталей).

Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под

столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм.

Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм.

При работе за ПК удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами и экраном монитора должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [19].

Рабочее место сотрудника аудитории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

Так как для изготовления устройства необходим такой процесс, как пайка, то место выполнения работ, а именно аудитория 35, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям СП 952-72 «Организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец».

Процесс пайки может сопровождаться загрязнением воздушной среды свинцом как непосредственно при пайке, так и в периоды, когда паяльники и ванночки находятся в рабочем состоянии. Может также происходить загрязнение свинцом рабочих поверхностей и кожи рук работающих.

Пайка мелких изделий сплавами, содержащими свинец, производится при температуре 180 - 350 град $^\circ\text{C}$ вручную с помощью электропаяльника.

Для операции пайки используются свинцовые сплавы различных марок. Наиболее распространенные марки - ПОС-40 (40% олова и 60% свинца) и ПОС-60 (60% олова и 40% свинца). В качестве флюса чаще всего применяются канифоль либо в различных комбинациях канифоль со стеарином.

Из данных санитарных правил и норм можно выделить те, которые характерны для производственного места аудитории 35, 4 корпуса:

Технологию процесса целесообразно строить таким образом, чтобы операции пайки были на участке максимально сосредоточены;

Отделка помещений, а также воздуховодов, коммуникаций, отопительных приборов и т. п. должна допускать их очистку от пыли и периодическое обмывание;

На производственных участках следует иметь легкомоющиеся переносные емкости для хранения и переноски изделий, паяльников, сплава флюса и ветоши, используемой при уборке рабочего места;

- Расходуемые сплавы и флюсы должны помещаться в тару, исключающую загрязнение рабочих поверхностей свинцом;

- Эксплуатация или ввод в эксплуатацию участков пайки, не оборудованных вентиляцией, запрещается;

- Мытье полов на участке следует производить после окончания каждой рабочей смены. Сухие способы уборки не разрешаются;

- Лица, не достигшие 18-летнего возраста, к постоянной работе со свинцовыми сплавами и обучению этим профессиям не допускаются [20].

Рабочее место сотрудника аудитории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует требованиям Санитарных правил 952-72.

6.2 Производственная безопасность

В данном подразделе анализируются потенциальные вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого устройства [17]. Для идентификации потенциально опасных и вредных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Работы при проектировании и изготовлении звукового преобразователя подразумевают использование персонального компьютера (ПК), паяльной станции и лабораторных блоков питания и генераторов, а также измерительной аппаратуры (осциллограф, мультиметр).

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования при сборке, исследовании и эксплуатации

Таблица 6.1 – Потенциальные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Неудовлетворительный микроклимат [22,23]	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
Повышенный уровень шума [22,24]	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96
Неудовлетворительное освещение рабочей зоны [22,25,26]	+	+	+	СП 52.13330.2011 ТИ Р М-075-2003
Повышенная температура поверхности изделия, оборудования, инструмента и расплавов припоев [25]		+		ТИ Р М-075-2003
Поражение электрическим током [27]		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017
Повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны [29]		+		СанПиН 952-72

6.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

В соответствии с последовательностью в Таблице 6.1 описаны выявленные вредные и опасные факторы. В описании затронуты:

- источники возникновения фактора;
- воздействие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью, а также при возможности проводится анализ на соответствие нормам;
- предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные) для минимизации воздействия фактора [17].

6.2.2.1 Неудовлетворительный микроклимат

Отклонения показателей микроклимата в производственных помещениях могут возникать из-за перепадов температур в теплый или холодный период года, из-за недостаточной вентиляции воздуха, недостаточного отопления или увлажнения воздуха производственных помещений.

Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Отклонения показаний микроклимата в производственных помещениях обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах [23].

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» аудитория 35, корпус 4 относится категории I а. В ней производятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (профессии на предприятиях точного приборо- и машиностроения).

В Таблице 6.2 представлены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений категории I а согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 6.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-25	22-26	40-60	0,1

Для минимизации влияния данного фактора в аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы, присутствует водяное отопление и кондиционирование.

Согласно «Специальной оценке условий труда в ТПУ 2019» микроклимат аудитории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

6.2.2.2 Повышенный уровень шума

Источником превышения уровня шума может стать то, что при сборке и эксплуатации звукового преобразователя необходима постоянная проверка его

работоспособности, которая заключается в усилении звукового сигнала электрогитары. На начальных этапах данный сигнал может иметь помехи, выраженные треском и высокочастотным писком. Также из-за того, что коэффициент усиления звукового не отстроен, может возникать резкое нарастание уровня шума при включении прибора.

Исходя из этого, шум при сборке и эксплуатации прибора можно отнести к непостоянному колеблющемуся во времени шуму, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени [24].

Шум звукового диапазона замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы, это приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА [24].

Для минимизации данного фактора рекомендуется при проверке и эксплуатации устройства при включении устанавливать все органы управления, отвечающие за коэффициент усиления звука, в положение «Минимум».

6.2.2.3 Неудовлетворительное освещение рабочей зоны

В аудитории 35, 4 корпуса ТПУ имеется естественное боковое одностороннее освещение, а также искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы мониторы ПК были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Для рабочего места с паяльной станцией предусмотрено отдельное искусственное освещение. Согласно ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником» для местного освещения рабочих мест при пайке

паяльником должны применяться светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работников. Устройство для крепления светильников местного освещения должно обеспечивать фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к светильнику должна находиться внутри устройства. Открытая проводка не допускается [25].

Согласно «СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение» освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [26].

Согласно «Специальной оценка условий труда в ТПУ 2019» световая среда аудитории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

6.2.2.4 Повышенная температура поверхности изделия, оборудования, инструмента и расплавов припоев

Источником воздействия этого фактора становится работа с паяльной станцией в процессе сборки устройства. Воздействие данного фактора на человека может быть выражено возникновением ожогов вплоть до 4, самой высшей, степени тяжести.

Для минимизации данного фактора следует руководствоваться ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником». Общие требования этой инструкции заключаются в следующем:

К выполнению работ по пайке паяльником допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы и приемы выполнения

работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами.

Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности.

В случае возникновения в процессе пайки паяльником каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, работник должен обратиться к своему непосредственному или вышестоящему руководителю.

Работники, занятые пайкой паяльником, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты.

6.2.2.5 Поражение электрическим током

Источниками возникновения фактора, то есть основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала.

Данный фактор имеет следующее воздействие на организм человека: воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и заболеваний, включая профессиональные и производственно-обусловленные заболевания.

Степень опасного воздействия на человека электрического тока и электрической дуги зависит от:

- величины напряжения прикосновения, электрического сопротивления тела человека, силы тока, протекающей через него, а также величины падающей энергии электрической дуги;

- рода (постоянный, переменный, выпрямленный) тока и частоты переменного электрического тока;
- пути протекания тока через тело человека и площади контакта электрической дуги с поверхностью тела человека;
- продолжительности воздействия электрического тока и электрической дуги на организм человека;
- индивидуальных особенностей организма человека;
- условий внешней среды.

Для предотвращения поражения электрическим током в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [27].

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- проведение инструктажей и допуск к работе;
- надзор во время работы.

По опасности поражения электрическим током аудитория 35, 4 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [28].

6.2.2.6 Повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны

Источником фактора на рабочем месте является процесс пайки, который сопровождается загрязнением воздушной среды свинцом как непосредственно при пайке, так и в периоды, когда паяльники и ванночки находятся в рабочем состоянии [20].

К запыленности воздуха может привести процесс распиливания стеклотекстолита для изготовления печатных плат.

Свинец и его соединения, находящиеся в воздухе в виде аэрозоля относятся к первому классу опасности (чрезвычайно опасные). Предельно допустимая концентрация свинца в воздухе – $0,05 \text{ мг/м}^3$ [29].

Согласно СП 952-72 «Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец» предполагаются следующие меры защиты от фактора:

Эксплуатация или ввод в эксплуатацию участков пайки, не оборудованных вентиляцией, запрещается.

Вентиляционные установки должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания. Работа вентиляционных установок должна контролироваться с помощью специальной сигнализации (световой, звуковой).

Рабочие места следует оборудовать местными вытяжными устройствами, обеспечивающими скорость движения воздуха непосредственно на месте пайки не менее $0,6 \text{ м/с}$, независимо от конструкции воздухоприемников.

Все вентиляционные установки, обслуживающие участки, на которых производится пайка, должны иметь паспорта с указанием скорости воздуха на месте пайки - $0,6 \text{ м/с}$ [20].

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений [17].

6.3.1 Анализ влияния процесса сборки на окружающую среду

Печатный узел звукового преобразователя представляет собой печатную плату с встраиваемыми электронными компонентами. При производстве

данного устройства в процессе пайки неизбежно присутствует загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ.

Согласно СП 952-72 «Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец» для минимизации последствий загазованности воздуха рекомендуется использовать систему вентиляции, причем конструкция и разводка вентиляционной сети должны обеспечивать возможность регулярной очистки воздуховодов, а внутренние поверхности воздуховодов вытяжных систем и вентиляторы должны периодически очищаться от флюса, загрязненного свинца [20].

6.3.2 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Продукты производства электроники содержат бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов».

Устройство, вышедшее из эксплуатации согласно ГОСТ Р 55102-2012 должно пройти следующие стадии: сбор, хранение, транспортирование и разборка ОЭЭО (отработавшее электротехническое и электронное оборудование) [30].

Приоритетом разборки является обеспечение возможности повторного использования ОЭЭО для первоначальных и иных целей после дополнительной обработки.

При отсутствии возможности повторного использования ОЭЭО подлежит другим способам утилизации, при этом сжигание должно рассматриваться как наименее предпочтительный вариант утилизации, так как

все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах.

6.3.3 Анализ влияния процесса разработки на окружающую среду

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка математической модели с помощью различных программных комплексов. Таким образом, процесс разработки устройства не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе описан краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при разработке, производстве или эксплуатации проектируемого устройства.

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

ЧС - обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (локальные,

местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные) [31].

Для данного объекта исследования наиболее характерны локальные техногенные виды ЧС. Все остальные виды ЧС маловероятны при разработке, изготовлении и эксплуатации устройства.

Исходя из того, объект исследований представляет из себя прототип звукового преобразователя, электронные компоненты которого необходимо присоединять с помощью пайки, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар, возникшей в результате короткого замыкания в паяльном оборудовании или при сгорании дорожек печатного узла при прохождении по ним слишком большого тока.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Мерами, которые следует проводить для предотвращения ЧС, а именно пожара, являются:

- Проведение пожарной профилактики;
- Установка пожарных извещателей;
- Оснастка аудиторий первичными средствами пожаротушения.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

– обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей [32].

Аудитория 35, 4 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е).

Таблица 6.3 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» помещение, предназначенное для разработки, изготовления и эксплуатации результатов проекта, относится к типу П-2а. Данным обозначением характеризуются зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр. [33].

В случае срабатывания системы пожарных извещателей необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять

меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствие с планом эвакуации, который представлен в 35 аудитории, 4 корпус.

Заключение

В ходе выполненной выпускной квалификационной работы был сконструирован и собран прототип звукового преобразователя для создания музыкальных эффектов. Данный комбинированный (ламповый, полупроводниковый) звуковой преобразователь имеет в наличии звуковые эффекты «дисторшн», «дилей» и «овердрайв». Питание устройства обеспечено от бытовой сети 220В. Задачи, поставленные в начале работы, были выполнены полностью.

В результате исследования была получена конструкторская документация: схема электрическая принципиальная, перечень элементов, чертежи печатных плат. Данная документация может быть использована при массовом производстве данного звукового преобразователя.

Экономическая значимость работы заключается в том, что сконструированное в рамках ВКР устройство позволяет выполнять большое количество звуковых преобразований, при этом имеет более низкую стоимость, чем аналогичные устройства, имеющиеся в продаже.

Разработанный звуковой преобразователь рекомендуется для использования в домашних занятиях музыкой и для публичных выступлений.

Список использованных источников

1. Ильмовский А. Н., Карнацевич Д. Ч., Кобыляк И. И. Электрогитара и система извлечения звука на ней //ББК 31 я 43 А 43. – 2013. – С. 434.
2. Фадеев И. В. ГИТАРНЫЕ ПЕДАЛИ И ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ОБРАБОТКЕ ГИТАРНОГО ЗВУКА //Актуальные проблемы радио-и кинотехнологий. – 2018. – С. 136-143.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М. : Мир, 1998.
4. Морозова А. И. Устройство и принцип работы приставки для электрогитары" Distortion 250" //Научный аспект. – 2014. – №. 1-2. – С. 205-208.
5. Raffel C., Smith J. Practical modeling of bucket-brigade device circuits //Proc. 13th Int. Conf. Digital Audio Effects (DAFx-10), Graz, Austria. – 2010. – С. 50-56.
6. Swartz S. Analog Sound From A Digital Delay. – 2002.
7. 6Н2П (двойной триод с отдельными катодами) [Электронный ресурс] – Режим доступа к ст.: http://oldradio.qrz.ru/tubes/russian/detail/6n2p_2.shtml (дата обращения 15.06.2020).
8. GS06E-2P1J, Блок питания [Электронный ресурс] – Режим доступа к ст.: <https://www.chipdip.ru/product/gs06e-2p1j> (дата обращения 15.06.2020).
9. PT2399 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа к ст.: <https://www.datasheetarchive.com/PT2399-datasheet.html> (дата обращения 15.06.2020).
10. NE555 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа к ст.: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17972/PHILIPS/NE555.html> (дата обращения 05.01.2020).
11. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. - 560с.
12. ГОСТ Р 53386-2009 Платы печатные. Термины и определения. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 8с.

13. ГОСТ Р 53429-2009. Платы печатные. Основные параметры конструкции. - Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 7с.
14. ГОСТ 10316-78 Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. – Москва: Изд-во стандартов, 1978. – 12с.
15. Белянин Л.Н. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчёт надежности. Учебно-методическое пособие. – М.: Издательство ТПУ, 2008. – 79с.
16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2019
17. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2019
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
19. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
20. СП 952-72 Санитарные правила организации процессов пайки мелких изделий сплавами, содержащими свинец
21. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
22. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2019

23. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы
25. ТИ Р М-075-2003 «Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником»
26. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
27. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
28. Электроустановок П. У. изд. 7-е //М., НГС «ЭНАС. – 2003.
29. ГН 2.2.5.1313-03 - ПДК вредных веществ в воздухе
30. ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов»
31. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1)
32. Приказ МЧС РФ от 20 июня 2003 г. N 323"Об утверждении норм пожарной безопасности "Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях" (НПБ 104-03)"
33. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

Приложение А

Графики АЧХ

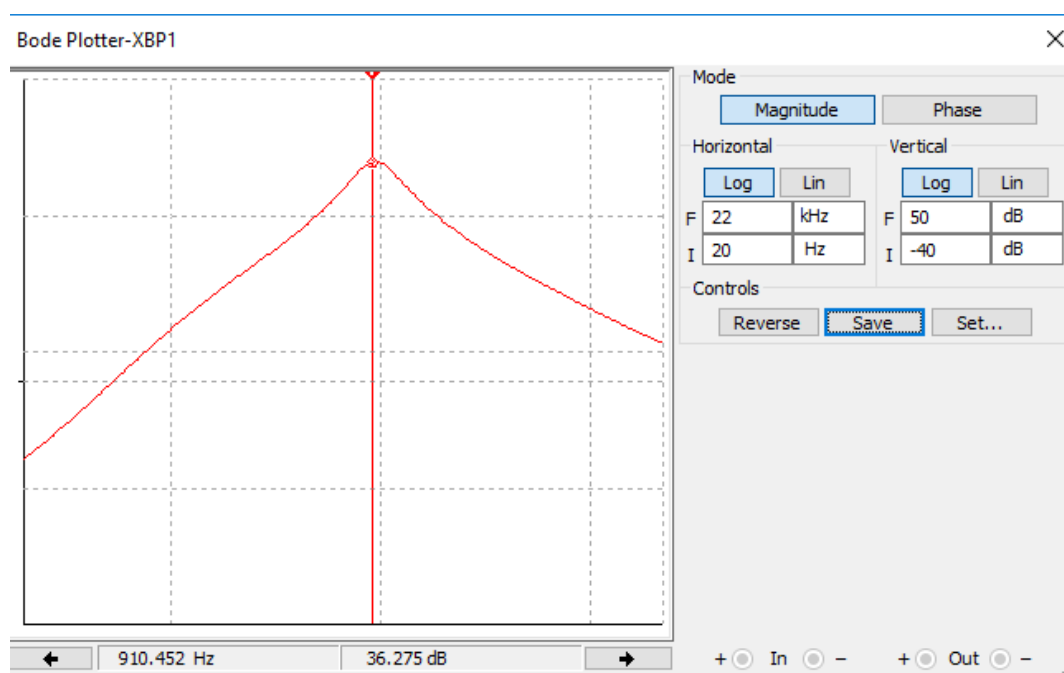


Рисунок А.1 – АЧХ каскада для усиления средних частот эффекта «Дисторшн»

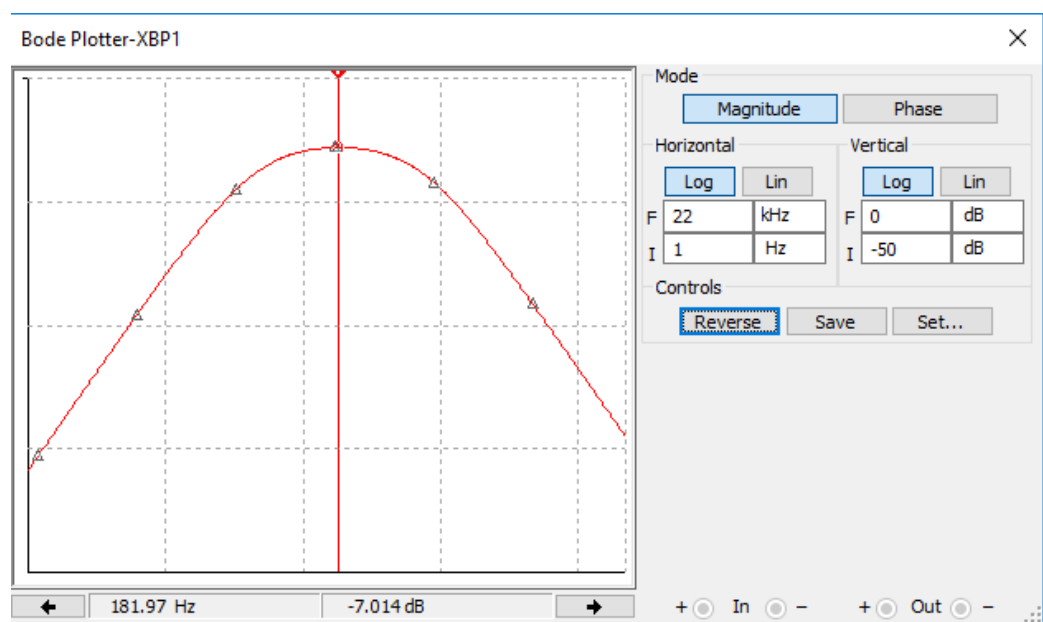


Рисунок А.2 – АЧХ полосового фильтра эффекта «Дисторшн»

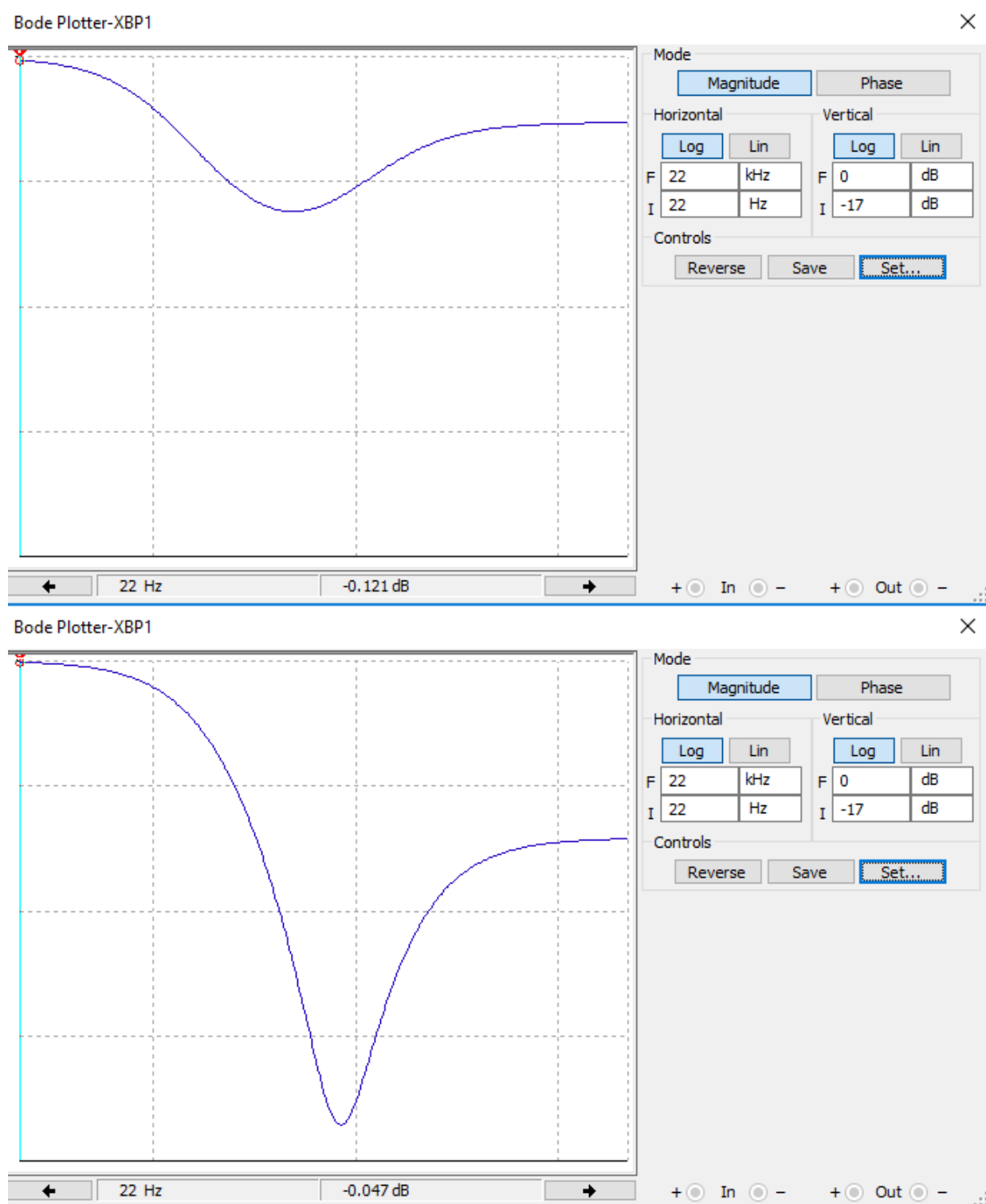


Рисунок А.3 – АЧХ эквалайзера при крайних положениях потенциометра
«Средние частоты» эффекта «Дисторшн»

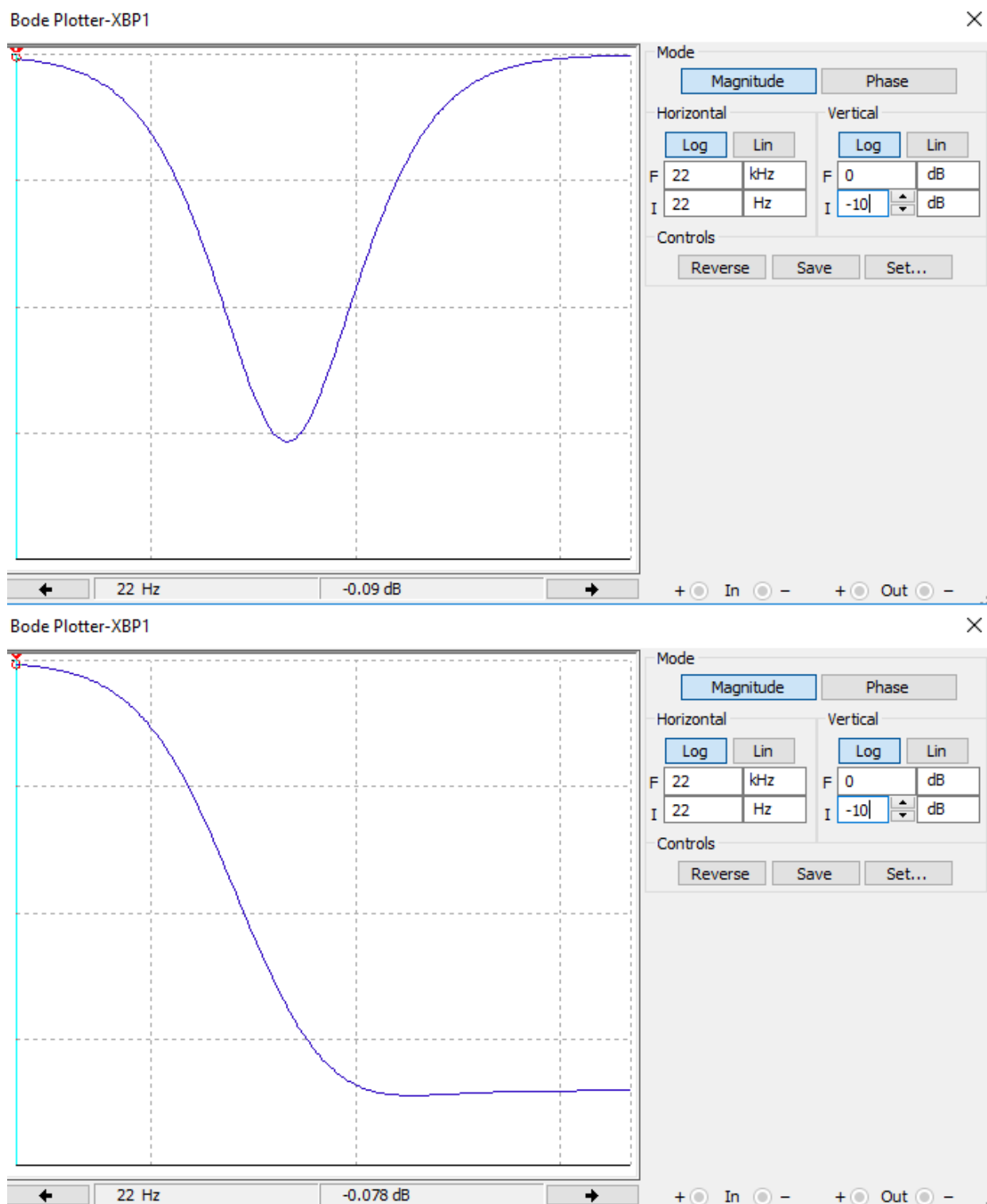


Рисунок А.4 – АЧХ эквалайзера при крайних положениях потенциометра «Тон» эффекта «Дисторшн»

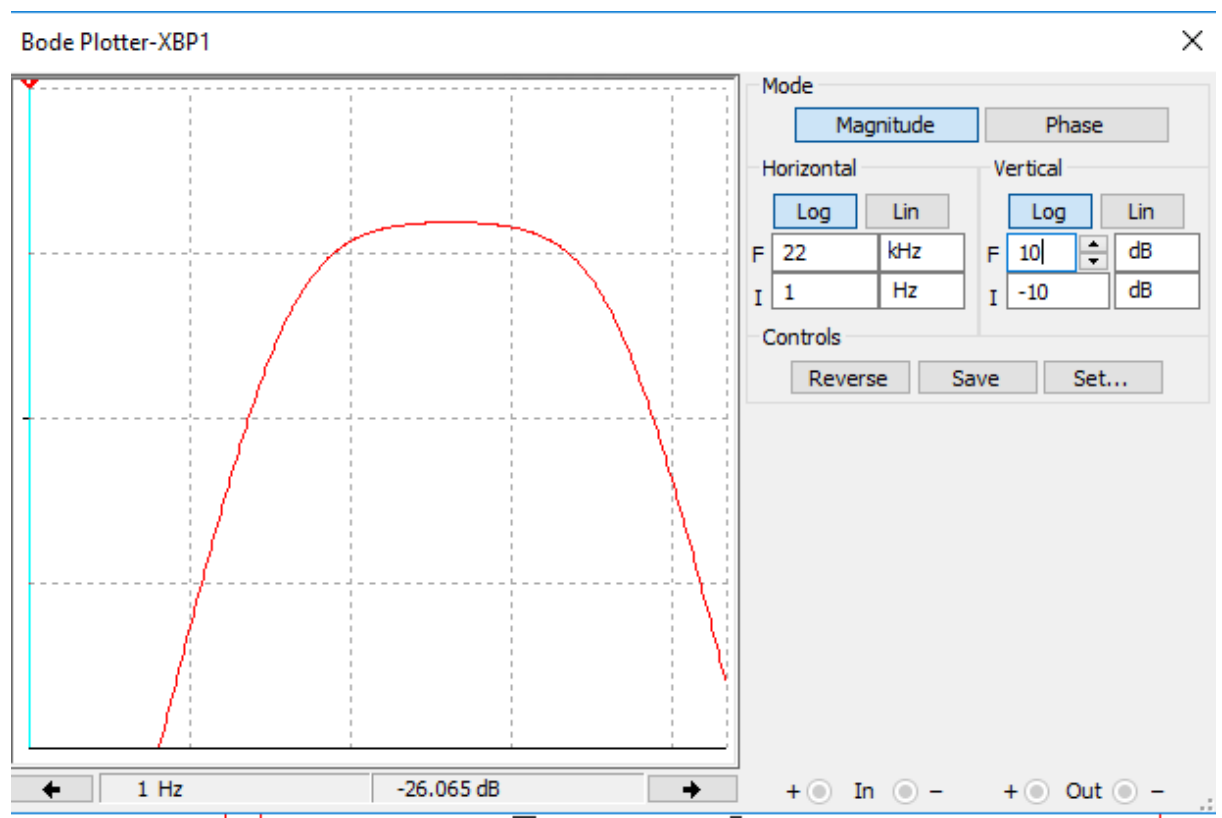


Рисунок А.5 – АЧХ входного каскада эффекта «Дилей»
















Приложение Б



Планирование научно-исследовательских работ

Таблица Б.1 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни		Науч. рук.	Студ.	Науч. рук.	Студ.
Составление и утверждение темы проекта	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	-	2	-
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2	3	2,4	Научный руководитель, студент	1,2	1,2	2	2
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	2	4	2,8	Научный руководитель, студент	1,4	1,4	2	2
Подбор литературы по тематике работы	3	6	4,2	Студент	-	4,2	-	6
Сбор материалов и анализ существующих разработок	5	8	6,2	Студент	-	6,2	-	9
Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	10	14	11,6	Студент	-	11,6	-	18
Моделирование схемы, исправление недочетов	2	5	3,2	Студент	-	3,2	-	5
Сборка образца на макетной плате	10	12	10,8	Студент	-	10,8	-	16
Изготовление печатных плат	3	6	4,2	Студент	-	4,2	-	6
Монтаж компонентов	4	7	5,2	Студент	-	5,2	-	8
Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	3	4	3,4	Научный руководитель, студент	1,7	1,7	5	5
Составление пояснительной записки к работе	14	20	16,4	Студент	-	16,4	-	25

Таблица Б.2 – Календарный план-график

№ Работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				февраль		март			апрель			май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель	2											
2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент	2	 										
3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент	2	 										
4	Подбор литературы по тематике работы	Студент	6											
5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	9											
6	Разработка и анализ схемы электрической принципиальной	Студент	18											
7	Моделирование схемы, исправление недочетов	Студент	5											
8	Сборка образца на макетной плате	Студент	16											
9	Изготовление печатных плат	Студент	6											
10	Монтаж компонентов	Студент	8											
11	Оценка эффективности полученных результатов, тестирование и отладка устройства	Научный руководитель, студент	5							 				
12	Составление пояснительной записки к работе	Студент	25											

 – студент;  – научный руководитель